

Maîtrise de l'Énergie dans l'Industrie des Pâtes, Papiers, Cartons



\\ Claire MOLIN - Sylvie OSSARD - Frédéric GUILLET

Table des Matières

Introduction	1
1 Présentation de l'industrie papetière	2
1.1 Les procédés de fabrication de pâte et de papier/carton	2
1.1.1 Fabrication de la pâte	2
1.1.2 Fabrication du papier	5
1.2 Données statistiques sur l'industrie papetière	9
2 L'énergie dans l'industrie papetière	11
2.1 La réglementation relative aux aspects énergétiques	11
2.2 Les consommations de l'industrie des pâtes et papiers	14
2.2.1 Consommations et productions d'énergie de l'industrie papetière française	14
2.2.2 Consommations spécifiques d'énergie	16
2.3 Les documents de référence : les « BREF »	18
2.3.1 La directive IPPC	18
2.3.2 Le BREF relatif à l'industrie des pâtes et papiers	19
2.3.3 Le BREF sur l'efficacité énergétique	21
2.4 Les émissions de gaz à effet de serre	21
2.5 Le bilan des émissions de gaz à effet de serre	23
2.6 Les mesures incitatives	24
3 Le management et la gestion de l'énergie	26
3.1 Le management de l'énergie	26
3.1.1 Les systèmes de management de l'environnement et de l'énergie	26
3.1.2 Un responsable énergie	27
3.1.3 Implication et sensibilisation du personnel	27
3.1.4 Les indicateurs énergétiques	27
3.1.5 Les diagnostics énergétiques	28
3.2 La mise en œuvre de la gestion de l'énergie	28
3.2.1 Les différentes étapes	28
3.2.2 Outils de gestion de l'énergie et d'optimisation des procédés	31
3.3 Les outils de mesure des consommations énergétiques	31
3.3.1 Critères de choix des sondes de température et de pression	31
3.3.2 Critères de choix des débitmètres	33
3.3.3 Mesure des consommations de vapeur	36
3.3.4 Mesure des débits de condensats	38
3.3.5 Mesure des consommations de gaz naturel	38
3.3.6 Mesure des consommations de fioul	38
3.3.7 Mesure des consommations d'air comprimé	39
3.3.8 Comptage de l'énergie électrique	40
4 Technologies disponibles pour une meilleure performance énergétique des procédés papetiers	43
4.1 Fabrication des pâtes	43
4.1.1 Préparation de la matière première	43
4.1.2 Pâte kraft	43

4.1.3	Pâte thermomécanique	48
4.1.4	Fibres recyclées	54
4.2	Fabrication du papier	62
4.2.1	Préparation de la pâte	63
4.2.2	Raffinage	64
4.2.3	Formation de la feuille	72
4.2.4	Le vide	72
4.2.5	Les habillages	82
4.2.6	La section des presses	84
4.2.7	La sécherie	87
5	Le réseau électrique	97
5.1	Les transformateurs de distribution	97
5.1.1	Pertes et efficacité des transformateurs	97
5.1.2	Choix d'un transformateur	98
5.1.3	Investissement et coût global	99
5.1.4	Exemple : coûts énergétiques des pertes d'un transformateur	99
5.2	Amélioration du réseau électrique	100
5.3	Maintenance du réseau électrique et remise à niveau	102
6	Utilisation de l'électricité	103
6.1	Les systèmes d'entraînement : moteurs, transmission, démarreurs et variateurs	103
6.1.1	Moteurs	103
6.1.2	Transmissions	106
6.1.3	Démarreurs électroniques	106
6.1.4	Variation de vitesse	106
6.2	Le pompage	110
6.2.1	Part de l'énergie dans le coût global du pompage	111
6.2.2	Régulation des systèmes de pompage	111
6.2.3	Gestion de la marche des pompes	111
6.2.4	Remplacer les pompes surdimensionnées	111
6.2.5	Choisir une pompe de bon rendement	112
6.2.6	Réduction des pertes de charge dans le réseau hydraulique	112
6.2.7	Maintenance	113
6.2.8	Exemple d'économies d'énergie sur des pompes	114
6.3	La ventilation	115
6.4	L'air comprimé	115
6.4.1	Aspects économiques	115
6.4.2	Le réseau d'air comprimé	116
6.4.3	Améliorer la performance énergétique du réseau existant	117
6.4.4	Investissements pour améliorer le réseau d'air comprimé	119
6.4.5	Sécheurs d'air	120
6.4.6	Exemple d'amélioration d'un système d'air comprimé	121
6.5	L'éclairage	122
6.5.1	Les enjeux de l'éclairage	122
6.5.2	Quel type de lampes ?	122
6.5.3	Les luminaires	125
6.5.4	Gestion de l'éclairage et maintenance	125
6.5.5	Éclairage et certificat d'économie d'énergie	126

6.5.6	Exemple de gains sur les systèmes d'éclairage.	127
7	Récupération de chaleur	128
7.1	Intégration des procédés	128
7.1.1	Principales étapes de la modélisation et de l'étude du pincement	128
7.1.2	Exemple d'étude pour un site de production de PPO	129
7.2	Récupération de chaleur	131
7.2.1	Besoins et sources de chaleur en papeterie	131
7.2.2	Points clés d'un projet de récupération de chaleur	132
7.3	Échanges de chaleur	132
7.3.1	Famille d'échangeurs et chaleur échangée	132
7.3.2	Pincement et efficacité d'un échangeur	134
7.3.3	Types d'échangeurs, encrassement et pertes de charge	136
7.3.4	Exemple de récupération de chaleur via un échangeur de chaleur	138
7.4	Pompes à Chaleur (PAC) et perspectives d'utilisation	139
7.4.1	Fonctionnement des Pompes à Chaleur (PAC).	139
7.4.2	Performance des pompes à chaleur	140
7.4.3	Utilisation des pompes à chaleur dans l'industrie et perspectives	141
8	Production d'énergie et valorisation énergétique des sous- produits	143
8.1	Chaudières de production de vapeur	143
8.1.1	Chaudières à tubes de fumées et chaudières à tubes d'eau	143
8.1.2	Chaudières à liqueur noire	143
8.1.3	Chaudières brûlant de la biomasse et des sous produits papetiers	143
8.1.4	Pistes pour l'amélioration des performances des chaudières	151
8.2	La cogénération	152
8.2.1	Diverses possibilités de cogénération	152
8.2.2	Exemple d'installation de cogénération	155
8.3	La gazéification	155
8.4	La méthanisation	157
Conclusion		159
Liste des tableaux		160
Liste des figures		161
Bibliographie		163
Statistiques de production et d'utilisation d'énergie		163
Management et gestion de l'énergie		163
Fabrication de pâte à papier et procédé papetier		164
Vide		166
Moteurs, systèmes motorisés		166
Le réseau électrique / les transformateurs		166
Air comprimé		167
Intégration énergétique, Echangeurs, Pompes à chaleur		167
Éclairage		168
Certificats d'économies d'énergie		168
Chaudières, chaudières biomasse, gazéification		168